

BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Pada abad ke-20 ini terjadi perkembangan yang sangat pesat terutama dalam bidang teknologi. Hal ini terjadi karena kebutuhan manusia akan teknologi tersebut juga semakin berkembang demi memenuhi kebutuhan manusia sehari – hari. Kebutuhan manusia tersebut pasti memiliki karakteristik tertentu yang disesuaikan dengan penggunaan alat atau barang tersebut. Salah satu aspek yang penting dalam rekayasa mekanik adalah pada penekanan di bidang manufaktur material karena suatu alat atau komponen harus terbuat dari material yang memiliki sifat dan ciri yang spesifik dan memiliki kontribusi yang tinggi dalam optimasi suatu produksi (Suherman, 1987: 1)

Indonesia adalah negara dengan iklim tropis dimana curah hujan sangat tinggi serta sebagian besar wilayahnya dikelilingi laut. Maka dari itu udara di Indonesia memiliki kelembaban yang tinggi serta kandungan asam dan garam yang juga tinggi. Dengan kelembaban udara dan kandungan asam dan garam ini akan mempermudah terjadinya korosi. Korosi ini akan menyebabkan terjadinya deformasi pada material sehingga material akan rapuh dan memiliki umur pakai yang semakin berkurang. Tentu hal ini akan sangat merugikan dan membahayakan bila digunakan pada kehidupan sehari – hari.

Usaha yang dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanik suatu material adalah dengan melakukan pelapisan (*anodizing*) pada material tersebut. Proses pelapisan itu sendiri merupakan salah satu bagian dari proses produksi. *Anodizing* merupakan proses pelapisan dengan cara elektrolisis untuk melapisi permukaan logam dengan suatu material ataupun oksida yang bersifat melindungi dari lingkungan sekitar. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. Proses elektrokimia yang merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Pada proses ini komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Pada elektrolisis, katoda merupakan kutub negative dan anoda merupakan kutub positif. (Boyer, 1986).

Proses *anodizing* itu sendiri memiliki beberapa faktor atau parameter yang harus ditentukan dengan tepat. Parameter *anodizing* tersebut meliputi: *pre-treatment*, kuat arus, tegangan, suhu elektrolit, molaritas larutan, jenis larutan elektrolit, serta anoda dan

katoda yang digunakan. Parameter tersebut nantinya akan mempengaruhi hasil *anodizing*.

Aluminium 6061 termasuk dalam aluminium paduan seri 6XXX yang telah banyak penggunaannya. Paduan 6053, 6061, dan 6063 mengandung magnesium dan silikon dalam kandungannya untuk membentuk magnesium silisida. Paduan ini memiliki karakteristik ketahanan korosi yang baik dan mampu mesin yang baik dibandingkan dengan paduan lain. (Sidney H. Avner, 1974).

Namun dalam penggunaannya aluminium 6061 memiliki ketahanan korosi yang kurang baik dalam penggunaan di daerah yang memiliki kandungan asam dan garam. Pada penelitian kali ini akan mengamati pengaruh tegangan listrik yang terlebih dahulu diberi *pre-treatment* berupa *annealing*, terhadap laju korosi pada aluminium 6061 *anodizing* dengan Ti sebagai katoda. Ti digunakan sebagai katoda bertujuan untuk mendapatkan sifat ketahanan korosi yang tinggi pada Al 6061 yang mana sebagai anoda. Variasi tegangan listrik dan molaritas elektrolit nantinya akan menghasilkan perbandingan nilai laju korosi Al hasil *hard anodizing* yang berbeda. Sehingga penelitian ini perlu dilakukan untuk mengetahui pengaruh *hard anodizing* terhadap laju korosi.

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh variasi tegangan listrik dan molaritas elektrolit pada proses *hard anodizing* terhadap laju korosi *Aluminium* 6061.

1.3. Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak terlalu luas, maka dalam tulisan ini perlu adanya batasan masalah sebagai berikut:

1. Material yang digunakan sebagai anoda adalah *Aluminium* 6061.
2. Material yang digunakan sebagai katoda adalah *Titanium*.
3. Larutan elektrolit yang digunakan adalah *Asam Phospate* (H_3PO_4).
4. Tegangan yang digunakan adalah arus searah DC.
5. Jenis *anodizing* yang digunakan adalah *hard anodizing*.
6. Waktu *anodizing* yang digunakan adalah 60 menit.
7. *Pre-treatment* yang dilakukan adalah *annealing* dengan suhu yang digunakan adalah $400^{\circ}C$ dengan *holding* selama 60 menit.

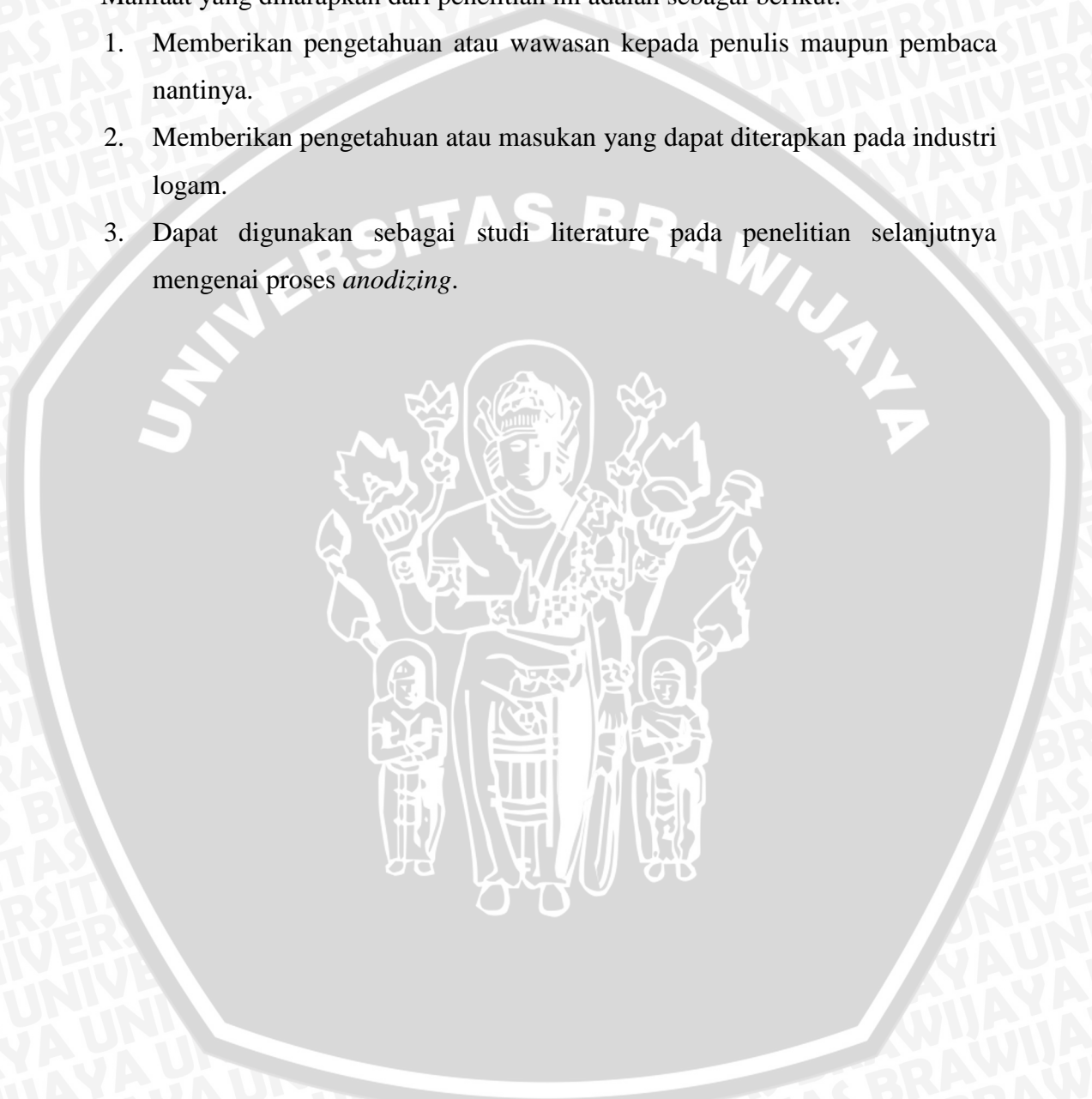
1.4. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tegangan listrik dan molaritas elektrolit pada proses *hard anodizing* terhadap laju korosi *Aluminium 6061*.

1.5. Manfaat

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pengetahuan atau wawasan kepada penulis maupun pembaca nantinya.
2. Memberikan pengetahuan atau masukan yang dapat diterapkan pada industri logam.
3. Dapat digunakan sebagai studi literature pada penelitian selanjutnya mengenai proses *anodizing*.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penelitian Sebelumnya

Jhenta (2013), melakukan penelitian dengan tujuan mengetahui pengaruh tegangan listrik terhadap laju korosi aluminium hasil *anodizing*. Dari penelitian tersebut disimpulkan bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan pada proses *anodizing* maka laju korosinya akan semakin menurun.

Pada penelitian yang dilakukan oleh Araoyinbo, *et al.* (2010), yang berjudul *Voltage Effect on Electrochemical Anodization of Aluminium at Ambient Temperature* mengatakan bahwa semakin tinggi tegangan listrik yang diberikan maka semakin besar pula pori – pori dari spesimen.

Sementara itu penelitian yang dilakukan oleh Zanuarsah (2014) tentang pengaruh konsentrasi elektrolit dan kuat arus pada proses *hard anodizing* aluminium terhadap kekerasan dan *fracture toughness* menjelaskan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan maka semakin tinggi pula kekerasan dan *fracture toughness* spesimen.

2.2. Aluminium (Al)

Logam ringan yang termasuk dalam logam yang mempunyai ketahanan korosi yang baik dan hantaran listrik yang baik adalah aluminium (Surdia. 1999). Selain itu logam Al juga memiliki daya pantul yang baik terhadap cahaya dan pancaran gelombang elektromagnetik. Untuk logam Al mempunyai panas jenis 890 J/kg °K sehingga titik lebur yang rendah ini bermanfaat untuk proses pemurnian Al, akan tetapi menjadi kendala dan keterbatasan untuk aplikasinya dalam suhu tinggi.

Al murni mempunyai kandungan aluminium sebesar 99,99% mempunyai kekerasan 17 BHN. Paduan Al dengan unsur logam lain maka akan menghasilkan paduan Al dengan kekerasan yang lebih tinggi. Sebagai contoh, paduan Al dengan 4,5% Cu, 1,5% Mg, 0,5% Mn yang biasa disebut paduan 2024 mempunyai kekerasan 120 BHN (Surdia. 1999). Meningkatkan kualitas Al juga dapat dilakukan dengan proses perlakuan panas dan pelapisan.

Tabel 2.1 Sifat logam Al.

No	Sifat Aluminium	Kemurnian Al (%)	
		99.996	>99.99
1	Massa Jenis (Kg/dm ³)(20°C)	2.6989	2.71
2	Titik Cair (°C)	660.2	653-657
3	Panas Jenis (cal/g. °C)(100 °C)	0.226	0.2297
4	Hantaran Listrik (%)	64.91	59 (dianil)
5	Tahanan Listrik Koefisien Temperatur	0.00429	0.0115
6	Koefisien Muai (20-100 °C)	23.86x10 ⁻⁶	23.5x10 ⁻⁶
7	Jenis Kristal, konstanta besi	FCC, $\alpha=4.013kX$	FCC, $\alpha=4.04kX$

Sumber: Surdia, T. 1999 : 134

2.2.1. Aluminium dan Paduannya

Di berbagai Negara di dunia terdapat beberapa klasifikasi paduan Al dalam standarnya masing – masing. Saat ini klasifikasi yang umum digunakan adalah standar Al *Association of America* (AA) yang didasarkan atas standar yang terdahulu dari Alcoa (*Aluminium Company of America*). (Surdia, 1999:135).

Paduan Al berdasarkan cara pembuatannya yaitu

1. Aluminium *wrought alloy* (lembaran)

Paduan Al secara tempa/kasar ini merupakan paduan yang memerlukan pengerjaan lanjut.

2. Aluminium *casting alloy* (batang cor)

Paduan tuang biasanya digunakan untuk komponen-komponen yang tidak memerlukan pengerjaan lanjut.

Paduan tempa dinyatakan dengan satu huruf atau dua huruf "S", sedangkan paduan coran dinyatakan dengan tiga huruf "S". Standar AA menggunakan penandaan dengan empat angka sebagai berikut:

1. Angka pertama menyatakan sistem paduan dengan unsur-unsur yang ditambahkan.
2. Angka kedua menyatakan kemurnian dalam paduan yang dimodifikasi dari Al murni.
3. Angka ketiga dan keempat dimaksudkan untuk tanda Alcoa terdahulu kecuali huruf S, sebagai contoh 3S sebagai 3003 dan 63S sebagai 6063.

Al dapat diklasifikasikan menurut paduannya, sebagai berikut :

1. Jenis Al-murni (seri 1xxx)

Al seri 1xxx adalah jenis Al paling murni, yaitu 99,0% sampai dengan 99,99%. Memiliki sifat tahan karat, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik serta mampu las dan mampu potong yang baik. Tetapi hal yang kurang menguntungkan adalah kekuatannya yang relatif rendah.

2. Jenis paduan Al-Cu (seri 2xxx)

Al seri 2xxx adalah jenis Al paduan yang dapat di-*heat treatment*. Untuk Al jenis ini memiliki sifat mekanik yang dapat menyamai sifat dari baja lunak, tetapi ketahanan korosinya rendah bila dibandingkan dengan paduan yang lainnya dan memiliki mampu las yang kurang baik, karena itu paduan jenis ini biasanya digunakan untuk piston dan silinder *head* motor bakar.

3. Jenis paduan Al-Mn (seri 3xxx)

Berbeda dari seri 2xxx. Al seri 3xxx adalah jenis yang tidak dapat di *heat-treatment* sehingga untuk menaikkan kekuatannya hanya dapat diusahakan melalui pengerjaan dingin pada saat proses pembuatan. Seri ini sangat mudah untuk dibentuk, memiliki daya tahan korosi, mampu potong dan sifat mampu las yang baik. Selain itu, kekuatan pada paduan jenis ini lebih unggul daripada Al murni, sehingga banyak dipakai untuk pipa dan tangki minyak.

4. Jenis paduan Al-Si (seri 4xxx)

Sama seperti seri 3xxx, jenis seri 4xxx tidak dapat di *heat-treatment*. Paduan jenis ini dalam keadaan cair mempunyai sifat mampu alir yang baik dan dalam proses pembekuannya hampir tidak terjadi retak. Selain itu paduan ini juga mudah ditempa dan memiliki koefisien pemuaian panas yang rendah.

5. Jenis paduan Al-Mg (seri 5xxx)

Seri 5xxx ini termasuk paduan yang tidak dapat di *heat treatment*, tetapi memiliki daya tahan korosi yang baik, terutama korosi oleh air laut, dan dalam sifat mampu lasnya. Paduan Al jenis ini digunakan tidak hanya dalam konstruksi umum, tetapi juga untuk tangki-tangki penyimpanan gas alam cair dan oksigen cair.

6. Jenis paduan Al-Mg dan Si (seri 6xxx)

Untuk seri 6xxx ini relatif mudah untuk dibentuk. Paduan jenis ini memeberikan sifat penuangan, kekuatan dan ketahanan korosi yang baik.

2.2.2 Aluminium Paduan Seri 6061

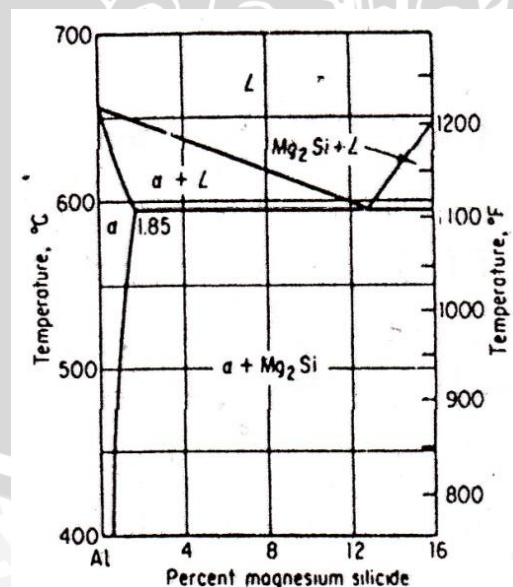
Paduan yang paling luas pemakaiannya pada seri 6XXX adalah seri 6061. Mempunyai karakteristik ketangguhan yang baik, kekuatannya sedang hingga tinggi dan paduan yang *heat-treatable*. Banyak digunakan untuk komponen transportasi, alat-alat *outdoor*, dan rangka-rangka konstruksi karena sifat permesinan yang bagus dan sifat mampu bentuk yang baik. Selain itu Al seri ini sangat mudah di las dan disambung dengan beberapa metode, karakteristik *finishing* yang baik dan juga bagus untuk *anodizing* dengan sifat pewarnaan yang baik dan juga kekerasan lapisan yang tinggi. Al seri 6061 memiliki berat jenis sebesar 2.7 g/cm^3 sementara konduktivitas termal dan ketahanan listrik Al seri ini masing – masing sebesar 173 W/m.K dan $3.7 - 4.0 \times 10^{-6} \Omega.\text{cm}$.

Tabel 2.2 Kandungan unsur pada Al 6061.

Unsur	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Ti	Cr	Al
Kandungan (%)	0.4				0.8				
	s/d	0.7	0.15	0.15	s/d	0.25	0.15	0.04	balance
	0.8				1.2				

Sumber : matweb, 2012

Diagram fase aluminium 6061 ditunjukkan pada gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Diagram fase Al-Mg-Si
Sumber: Sidney H. Avner, 1974: 491

Gambar diatas menunjukkan perubahan fase yang terjadi pada aluminium 6061 tergantung pada temperatur dan persentase magnesium dan silikon.

2.3. Titanium (Ti)

Titanium adalah unsur kimia dalam tabel sistem periodik unsur yang memiliki nomor atom 22 dan simbol Ti. Titanium mempunyai titik cair yang tinggi yaitu 1668°C, dengan titik transformasi pada 882 °C dari α Ti (*hcp*) \rightleftharpoons β (*bcc*), α ada pada temperatur rendah. Berat jenisnya adalah 4,54 kira –kira 60% dari baja. Titanium mempunyai ketahanan korosi sangat baik, hampir serupa dengan ketahanan korosi baja tahan karat. Titanium sendiri merupakan suatu logam yang aktif, tetapi titanium membentuk lapisan pelindung yang halus pada permukaannya, yang mencegah berlanjutnya korosi kedalam (Surdia, 1999:147).

Keunggulan dari logam titanium ini adalah :

- a) Kuat dengan baja tapi hanya 60% dari berat baja.
- b) Kekuatan lelah (*fatigue strength*) yang lebih tinggi daripada paduan Al.
- c) Tahan terhadap suhu tinggi.
- d) Tahan korosi. Lebih tinggi daripada Al dan baja.
- e) Dengan rasio berat-kekuatan yang lebih rendah daripada Al, maka komponen-komponen yang terbuat dari Ti membutuhkan ruang yang lebih sedikit dibanding Al (Campbell, F.C. et al. 2006).

2.4. Annealing

Annealing adalah proses perlakuan panas pada suhu tertentu dibawah titik leburnya, jika penggunaannya pada aluminium 6061 maka suhunya antara 100 - 500°C dengan waktu penahanan tertentu dan media pendingin udara. Perubahan yang dihasilkan tidak menyebabkan perubahan yang cukup berarti dalam struktur mikro. Efek utama pemulihan yaitu menghilangkan tekanan akibat pengerjaan dingin. Pada suhu tertentu, laju penurunan sisa pengerasan regangan yang tercepat di awal dan menurun saat waktu lebih lama.

Jumlah pengurangan tegangan sisa yang terjadi dalam waktu tertentu meningkat dengan meningkatnya suhu. Ketika beban yang menyebabkan deformasi plastis dilepaskan, semua deformasi elastis tidak hilang. Hal ini disebabkan orientasi yang berbeda dari kristal, yang tidak akan memungkinkan beberapa dari mereka untuk kembali saat beban dilepaskan. Ketika suhu meningkat, ada beberapa atom-atom elastis

yang mengurangi sebagian besar tegangan dalam. Dalam beberapa kasus mungkin ada sedikit beban plastis, yang dapat mengakibatkan sedikit peningkatan kekerasan dan kekuatan (Sidney H. Avner, 1974: 130).

Tujuan diberikannya perlakuan *annealing* sebelum dilakukan proses *anodizing* adalah untuk membuat peningkatan ukuran butiran dan permukaan menjadi lebih kasar sehingga batas butir menjadi lebih besar (Poinern, 2011).

2.5. Pengertian Anodizing

Menurut definisinya *anodizing* adalah proses pelapisan dengan cara elektrolisis untuk melapisi permukaan logam dengan suatu material ataupun oksida yang bersifat melindungi dari lingkungan sekitar. Dari definisi tersebut dapat diketahui bahwa prinsip dasar proses *anodizing* adalah elektrolisis. Proses elektrokimia yang merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Pada proses ini komponen yang terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan elektrolit. Pada elektrolisis, katoda merupakan kutub negatif dan anoda merupakan kutub positif (Boyer, 1986).

Pada dasarnya, proses *anodizing* merupakan proses rekayasa permukaan yang bertujuan untuk memproteksi logam dari korosi. Proses *anodizing* juga dapat digunakan untuk memperindah tampilan logam (Faraday, 1834).

2.5.1. Macam – Macam Anodizing

Reaksi dasar dari proses *anodizing* adalah merubah permukaan aluminium menjadi aluminium oksida dengan menekan bagian logam sebagai anoda di dalam sel elektrolisis. Proses *anodizing* terbagi menjadi tiga yaitu *Chromic Acid Anodize*, *Sulfuric Acid Anodize*, *Hard Anodize*. (Boyer, 1986).

a. *Chromic Acid Anodize*

Anodizing jenis ini menggunakan larutan yang mengandung 3 – 10% berat CrO_3 larutan dibuat dengan mengisi tangki setengah dengan air dan melarutkan asam ini ke dalamnya kemudian menambahkan air sesuai dengan level operasi yang diinginkan.

b. *Sulfuric Acid Anodize*

Secara prinsip, jenis *anodizing* ini sama dengan proses asam kromik. Konsentrasi asam sulfur (1,84 sp/gr) dalam larutan *anodizing* adalah 12 sampai 20% berat larutan mengandung 36 liter (9,5 gal) H_2SO_4 per 380 liter atau (100 gal)

dari larutan dapat menjadi lapisan anodik ketika di-*seal* pada didihan larutan dikromat.

c. *Hard Anodize*

Proses *hard anodize* dengan jenis *anodizing* yang lain hampir sama, perbedaan utamanya ialah temperatur operasi. Lapisan yang dihasilkan oleh *hard anodizing* lebih tebal dari pada *anodizing* konvensional dengan waktu yang sama. Proses *hard anodizing* menggunakan tangki asam sulfur *anodizing* berisi 10 sampai 15% berat asam, dengan atau tanpa tambahan. Temperatur operasi dari 0 sampai 10°C (32 sampai 50°F). Penggunaan temperatur yang tinggi menyebabkan struktur yang halus dan pori yang banyak pada lapisan terluar dari lapisan anodik. Perubahan dari karakteristik lapisan ini akan mengurangi ketahanan aus secara signifikan dan menuju ke perihal ketebalan lapisan. Temperatur operasi yang besar menyebabkan diameter porositas membesar pula (T.Aerts, 2007).

Berdasarkan sumber arus listrik yang digunakan *anodizing* dibagi menjadi dua tipe, yaitu DC *anodizing* dan AC *anodizing* (Sato, 1997:30)

1. AC *anodizing*

Proses *anodizing* tipe ini menggunakan arus bolak-balik. Pelapisan dengan *anodizing* tipe ini bertujuan untuk memperoleh hasil pelapisan dan juga kekerasan yang rendah. Penggunaan *anodizing* tipe ini adalah pada pembuatan *aluminium foil*.

2. DC *anodizing*

Proses *anodizing* tipe ini menggunakan arus searah. Proses *anodizing* tipe ini memerlukan waktu yang lebih singkat apabila dibandingkan dengan tipe AC *anodizing* dalam proses pembentukan lapisan oksida karena kutub positif selalu berada pada benda kerja. DC *anodizing* dapat dilakukan dengan dua metode yaitu :

a. *Continuous anodizing*

Continuous anodizing adalah jenis *anodizing* menggunakan besar arus yang dialirkan selama proses *anodizing* dijaga konstan.

b. *Pulse Anodizing*

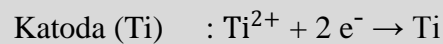
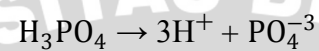
Pulse anodizing adalah jenis *anodizing* yang dilakukan dengan memberikan rapat arus naik turun secara periodik. *Pulse anodizing* ini dilakukan dengan merubah rapat arus yang diberikan secara tepat.

2.5.2. Mekanisme Anodizing

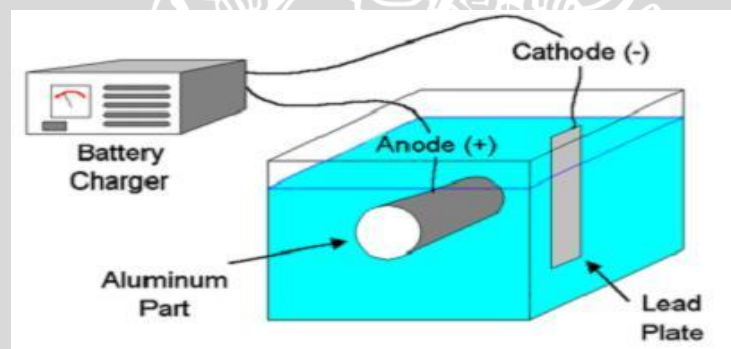
Mekanisme proses dari *Anodizing* menggunakan prinsip elektrolisis. Prinsip dasar elektrolisis adalah bagian dari sel elektrokimia dan berlawanan dengan prinsip dasar sel volta, yaitu sebagai berikut: (Boyer, 1986)

1. Proses elektrolisis, mengubah energi listrik menjadi energi kimia.
2. Reaksi elektrolisis merupakan reaksi spontan, karena melibatkan energi listrik dari luar.

Dalam proses *Anodizing* ini yang berperan sebagai anoda adalah aluminium (Al) sedangkan yang berperan sebagai katoda adalah Titanium (Ti) dan yang melapisi adalah Titanium (Ti). Reaksi elektrolisis *Anodizing* Al adalah sebagai berikut:



Jika di gambarkan proses *anodizing* di tampil pada gambar 2.2

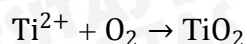


Gambar 2.2 Skema ilustrasi proses *anodizing*

Sumber : ASM Page Anodizing, 2001

Keterangan

1. Elektron bergerak dari kutub (-) sumber arus ke katoda, pada katoda terjadi reaksi reduksi.
2. Di anoda terjadi reaksi oksidasi dan elektron mengalir menuju ke sumber arus listrik.
3. Ion (+) bergerak maju ke kutub (-) dan ion (-) bergerak menuju kutub (+), molekul pelarut, bebas tempatnya ada di anoda maupun katoda.
4. Pada anoda akan terjadi endapan Al dan Ti pada katoda akan terus menerus larut dan menempel pada anoda.



Dari mekanisme diatas kita dapat mengetahui bahwa logam pelapisnya (Ti) akan mengendap pada permukaan Al yang terendam elektrolit, sehingga jika dibiarkan maka reaksi tersebut akan terus berlangsung sebelum tegangan listrik dimatikan atau logam Ti pada anoda yang melapisi Al sampai habis. Setelah proses *anodizing* tersebut produk yang diperoleh adalah Al yang dilapisi oleh Ti. Ti tersebut yang nantinya dapat memproteksi atau melindungi Al dari korosi. Biasanya sesudah di *anodizing* logam Al tersebut tidak langsung dipakai tetapi perlu adanya pelapisan lagi yang berupa cat yang dapat memproteksi logam Al lebih baik lagi dan dapat tahan lama, selain itu gunanya pengecatan adalah juga untuk memperindah atau mempercantik logam tersebut sehingga mempunyai nilai estetika yang lebih tinggi karena lebih menarik. Sebelum melakukan proses *anodizing*, dilakukan terlebih dahulu proses *pre-treatment*. Proses ini merupakan langkah awal sebelum proses *anodizing*. Tujuan dari *pre-treatment* ini adalah agar Al hasil *anodizing* menjadi baik. Proses *pre-treatment* antara lain, adalah:

1. *Degresing*

Degreasing adalah langkah awal yang dilakukan dalam proses *anodizing*. *Degreasing* dilakukan untuk menghilangkan minyak atau lemak yang terdapat pada permukaan Al sebelum di *anodizing*. *Degreasing* dapat dilakukan dengan menggunakan larutan asam sulfat dengan temperatur 60°C sampai 80°C dan dilakukan selama 5 menit.

2. *Etching*

Etching dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan lapisan oksida murni yang terdapat pada Al. Lapisan oksida murni Al akan hancur karena direndam dalam larutan basa kuat yang dalam hal ini digunakan larutan NaOH. Proses ini dilakukan pada temperatur 30°C sampai 50°C dan proses perendamannya dilakukan selama 5 menit.

3. *Desmuting*

Desmutting adalah proses pembersihan bercak-bercak hitam akibat reaksi dari paduan Al dengan HNO₃ yang dilakukan pada proses *etching*. *Desmutting* dilakukan dengan cara merendam spesimen ke dalam larutan asam nitrat pada temperatur 25°C - 40°C selama 5 menit.

4. Rinsing

Rinsing adalah proses pembersihan benda kerja (Al) dengan menggunakan air murni (*destilated water*). Tujuannya adalah untuk membersihkan benda kerja dari sisa-sisa zat kimia yang terbawa dari proses yang dilakukan sebelumnya. *Rinsing* dilakukan pada setiap proses yang sudah dilakukan baik *pre-treatment* (*degreasing, etching, desmutting*) ataupun *anodizing*.

Pada saat pembentukan lapisan oksida pada aluminium ditunjukkan pada reaksi berikut:



Dan hasil reaksi pada katoda memproduksi gas hidrogen:



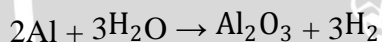
Reaksi anoda pada logam induk/batas oksida (reaksi anion oksigen dengan Al)



Pada batas lapisan oksida (kation Al bereaksi dengan molekul air)



Hasil dari reaksi ini pada Al



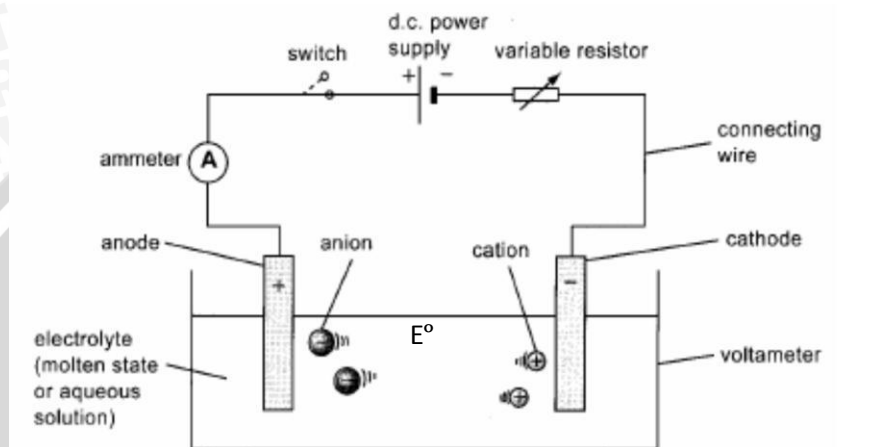
2.6. Elektrolisis

Elektrolisis adalah peristiwa penguraian atas suatu larutan elektrolit yang telah dilaliri oleh arus listrik searah. Sel dimana terjadinya reaksi tersebut disebut sel elektrolisis yang terdiri dari larutan yang dapat menghantarkan listrik yang disebut elektrolit dan dua buah elektroda yang berfungsi sebagai katoda.

Reaksi-reaksi elektrolisis bergantung pada potensial elektroda, konsentrasi, dan over potensial yang terdapat dalam sel elektrolisis. Pada sel elektrolisis katoda bermuatan negatif, sedangkan anoda bermuatan positif. Kemudian kation direduksi di katoda, sedangkan anion dioksidasi di anoda. Kegunaan elektrolisis di antaranya yaitu dapat memperoleh unsur-unsur logam, halogen, gas hidrogen dan gas oksigen, kemudian dapat menghitung konsentrasi ion logam dalam suatu larutan digunakan dalam pemurnian suatu logam, serta salah satu proses elektrolisis yang populer adalah penyepuhan.

Cara kerja sel elektrolisis adalah seperti yang terdapat pada gambar 2.3:

1. Sumber arus listrik searah memompa elektron dari anoda ke katoda. Elektron ini ditangkap oleh kation (ion positif) pada larutan elektrolit sehingga pada permukaan katoda terjadi reaksi reduksi terhadap kation.
2. Pada saat yang sama, anion (ion negatif) pada larutan elektrolit melepaskan elektron. Dan melalui anoda, elektron dikembalikan ke sumber arus. Dengan demikian, pada permukaan anoda terjadi reaksi oksidasi terhadap anion.



Gambar 2.3 Skema Cara Kerja Elektrolisis
Sumber: Richardson, 2002: 46

2.7. Elektroda

Salah satu komponen penting dalam proses elektrolisis adalah elektroda. Elektroda adalah konduktor yang digunakan untuk bersentuhan dengan bagian atau media non-logam dari sebuah sirkuit (misal semikonduktor, elektrolit atau vakum). Elektroda dalam sel elektrokimia dapat disebut sebagai anoda atau katoda, kata-kata yang juga diciptakan oleh Faraday. Anoda ini didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron datang dari sel elektrokimia dan oksidasi terjadi, dan katoda didefinisikan sebagai elektroda di mana elektron memasuki sel elektrokimia dan reduksi terjadi. Setiap elektroda dapat menjadi sebuah anoda atau katoda tergantung dari tegangan listrik yang diberikan ke sel elektrokimia tersebut.

Anoda adalah elektroda, bisa berupa logam maupun penghantar listrik lain, pada sel elektrokimia. Arus listrik mengalir berlawanan dengan arah pergerakan elektron. Pada proses elektrokimia, baik sel galvanik (baterai) maupun sel elektrolisis, anoda mengalami oksidasi. Kebalikan dari anoda, katoda adalah kutub elektroda dalam sel elektrokimia, kutub ini bermuatan negatif.

2.8. Elektrolit

Dalam proses elektrolisis, komponen yang perlu diperhatikan adalah elektrolit. Elektrolit adalah suatu senyawa yang bila dilarutkan dalam pelarutan akan menghasilkan larutan yang dapat menghantarkan arus listrik. Zat cair dibagi menjadi 3 berdasarkan hantaran listriknya, yaitu:

1. Zat cair isolator seperti air murni dan minyak.
2. Larutan yang mengandung ion – ion seperti larutan asam, basa, dan garam – garam di dalam air. Larutan ini dapat dilalui arus listrik dengan ion – ion sebagai penghantarnya dan disertai dengan perubahan – perubahan kimia.
3. Air raksa, logam – logam cair dapat dilalui arus listrik tanpa ada perubahan kimia di dalamnya.

Elektrolit biasanya diklasifikasikan berdasarkan kemampuannya dalam menghantarkan listrik. Elektrolit yang dapat menghantarkan listrik dengan baik digolongkan kedalam elektrolit kuat, seperti HCl, HBr, HI, H₂SO₄, dan HNO₃ yang bersifat asam dan LiOH, NaOH, KOH, RbOH, Ca(OH)₂, Sr(OH)₂, dan Ba(OH)₂ yang bersifat basa, selain elektrolit kuat dan elektrolit basa kuat, ada pula golongan elektrolit lemah seperti CH₃COOH, Al(OH)₃, AgCl, CaCO₃. Larutan – larutan tersebut hanya dapat menghantarkan sedikit arus listrik. Suatu elektrolit dapat menghantarkan arus listrik karena dalam suatu larutan semisal H₃PO₄. Zat H₃PO₄ yang larut dalam air akan terionisasi sebagai berikut:



Di dalam larutan terdapat ion positif H⁺ dan ion negatif (PO₄³⁻). Adanya ion positif dan ion negatif dalam larutan menimbulkan beda potensial listrik (tegangan listrik) dalam larutan H₃PO₄ karena dalam larutan ada beda potensial listrik, arus listrik dapat mengalir sehingga larutan dapat menghantarkan listrik.

2.9. Tegangan Listrik

Tegangan listrik adalah besarnya beda potensial antara dua titik yang dialiri oleh arus listrik yang diukur dalam satuan volt. Tegangan listrik timbul akibat adanya arus mengalir yang ditahan oleh suatu resistansi dalam suatu rangkaian.. Satuan tegangan listrik adalah Volt.

Secara teori dapat dinyatakan bahwa tidak ada arus listrik maka tidak akan ada tegangan listrik. Memang secara praktek pernyataan itu benar, tapi yang menjadi

pernyataan mengapa pada dua kawat yang terbuka jika diukur tegangan listriknya ada tetapi arusnya tidak mungkin mengalir karena circuitnya terbuka (putus).

Di dalam pelajaran fisika sederhana rumus umum yang berlaku untuk menghitung tegangan listrik yaitu arus dikali tahanan. Atau bisa juga didapat dari daya (P) dibagi arus (I).

$$V = P / I \quad (\text{Marten, 2007}) \quad (2 - 1)$$

atau

$$V = I / R \quad (\text{Marten, 2007}) \quad (2 - 2)$$

Keterangan :

V : Tegangan listrik (Volt)

I : Arus listrik (Ampere)

P : Daya listrik (watt)

2.10. Molaritas

Molaritas adalah jumlah mol gram dari zat terlarut dalam satu liter larutan.

Molaritas dilambangkan dengan notasi M dan satuannya adalah mol/liter

$$M = \frac{n}{V} \quad (\text{James E. Brady, 2000}) \quad (2 - 3)$$

Jika diketahui zat yang akan dicari molaritasnya ada dalam satuan gram dan volumenya dalam milliliter, maka molaritasnya dapat dihitung dengan cara:

$$M = n \times (1.000/\text{mL}) \quad (\text{James E. Brady, 2000}) \quad (2 - 4)$$

atau

$$M = \left(\frac{m}{M_r} \right) \times (1.000/\text{mL}) \quad (\text{James E. Brady, 2000}) \quad (2 - 5)$$

Keterangan:

M = molaritas (mol/liter)

n = mol zat terlarut (mol)

V = volume larutan (liter)

m = massa zat terlarut (gram)

M_r = massa molekul relatif zat terlarut

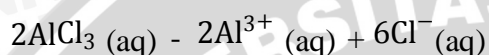
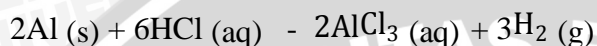
2.11. Korosi

Korosi adalah proses redoks atau reduksi pada permukaan logam dan lingkungannya. Korosi menyebabkan kerusakan atau degradasi logam akibat bereaksi dengan lingkungan yang korosif. Penyelidikan tentang sistem elektrokimia telah

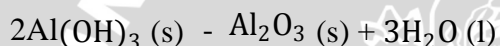
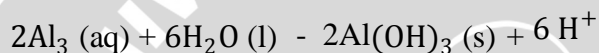
banyak membantu menjelaskan mengenai korosi ini, yaitu reaksi kimia antara logam dengan zat-zat yang ada di sekitarnya atau dengan partikel-partikel lain yang ada di dalam matrik logam itu sendiri. Jika dilihat dari sudut pandang kimia, korosi pada dasarnya merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan berair dan beroksigen. Contoh korosi yang paling lazim adalah perkaratan besi. Pada peristiwa korosi, logam mengalami oksidasi, sedangkan oksigen (udara) mengalami reduksi.



Reaksi kimia pada aluminium yang terkorosi pada suasana asam:



seterusnya :



2.11.1. Penyebab Korosi

Faktor – faktor yang berpengaruh dan mempercepat korosi yaitu :

a. Elektrolit

Elektrolit (asam atau garam) merupakan media yang baik untuk melangsungkan transfer muatan. Hal itu mengakibatkan elektron lebih mudah untuk dapat diikat oleh oksigen di udara. Oleh karena itu, air hujan (asam) dan air laut (garam) merupakan penyebab korosi yang utama.

b. Air dan kelembapan udara

Air dan kelembapan udara merupakan salah satu faktor penting untuk berlangsungnya proses korosi. Udara yang banyak mengandung uap air (lembap) akan mempercepat berlangsungnya proses korosi.

c. Letak logam dalam deret potensial reduksi

Korosi akan sangat cepat terjadi pada logam yang potensialnya rendah, sedangkan logam yang potensialnya lebih tinggi justru lebih tahan korosi.

d. Permukaan logam

Korosi dapat terjadi pada permukaan logam yang tidak rata karena akan memudahkan terjadinya kutub-kutub muatan, yang akhirnya akan berperan sebagai anoda dan katoda. Permukaan logam yang licin dan bersih akan menyebabkan

korosi sukar terjadi, sebab sukar terjadi kutub- kutub yang akan bertindak sebagai anoda dan katoda.

e. Adanya oksigen

Pada peristiwa korosi adanya oksigen mutlak diperlukan karena proses korosi merupakan reaksi logam menjadi ion pada permukaan logam yang kontak langsung dengan lingkungan beroksigen

2.11.2. Bentuk Korosi

Berikut merupakan beberapa bentuk korosi yang terjadi:

1. *Uniform Attack*

Uniform corrosión / attack merupakan jenis korosi berupa reaksi kimia atau elektrokimia yang biasa proses terjadi pada permukaan material atau pada area yang lebih luas. Metal akan menipis dan kemudian akan rusak.



Gambar 2.4 *Uniform Attack*
Sumber: Budi Utomo (2009)

2. *Galvanic Corrosion*

Korosi galvanis merupakan proses korosi secara elektrokimia apabila dua macam metal yang berbeda secara potensial. Elektron mengalir dari metal yang kurang mulia (anodik) menuju metal yang lebih mulia (katodik). Akibatnya metal yang lebih mulia berubah menjadi ion-ion positif karena kehilangan elektron.



Gambar 2.5 Korosi Galvanik
Sumber : Budi Utomo (2009)

3. Crevice Corrosion

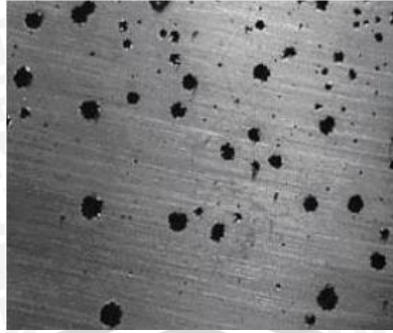
Korosi celah merupakan jenis korosi yang tempat terjadinya proses elektrokimia pada celah atau daerah terlindungi dari permukaan. Tipe ini biasanya menyerang pada tempat dengan volume kecil (*microenvironments*).



Gambar 2.6 Korosi celah
Sumber : Budi Utomo (2009)

4. Pitting

Pitting merupakan jenis korosi yang ekstrim yang menyerang metal sehingga membentuk lubang kedalam atau biasa disebut sumuran. *Pitting* adalah salah satu jenis korosi yang amat destruktif disebabkan susah diprediksi, dideteksi dan pencegahannya. *Pitting* biasanya bertumbuh sesuai arah gravitasi membentuk arah horisontal dari permukaan, lihat gambar berikut.



Gambar 2.7 Korosi sumuran
Sumber : Budi Utomo (2009)

5. *Intergranular Corrosion*

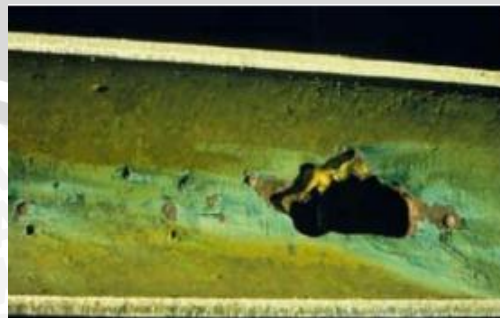
Intergranular corrosion adalah jenis korosi yang lokasi penyerangannya sepanjang batas dari butiran (*grain boundaries*) material sementara butirannya tidak ada efek.



Gambar 2.8 Korosi Intergranular
Sumber : Budi Utomo (2009)

6. *Erosion Corrosion*

Erosion corrosion merupakan kerusakan pada permukaan metal yang disebabkan aliran fluida yang sangat cepat, merusak permukaan metal dan lapisan film pelindung.



Gambar 2.9 Korosi Erosi
Sumber : Budi Utomo (2009)

7. *Stress Corrosion*

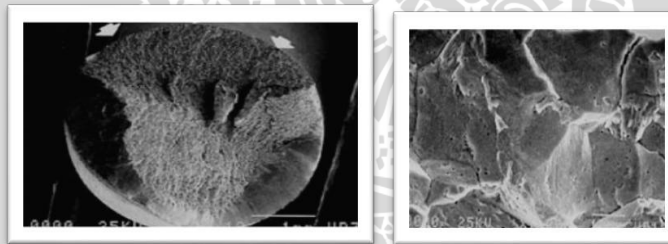
Stress corrosion merupakan kombinasi antara tegangan tarik dan lingkungan korosif yang mengakibatkan kegagalan pada material, lihat gambar berikut.



Gambar 2.10 Korosi Tegangan
Sumber : Budi Utomo (2009)

8. *Hydrogen Damage*

Hydrogen damage merupakan kerusakan mekanika dari metal akibat interaksi dengan hidrogen, lihat gambar berikut.



Gambar 2.11 *Hydrogen Damage*
Sumber : Gadang Priyotomo (2009)

2.12. Metode Elektrokimia

Jika teknik potensio dinamik memberikan pandangan menyeluruh tentang fenomena dan karakteristik korosi material, maka analisis Tafel difokuskan pada masalah akurasi penentuan laju korosi material. Dengan menggunakan teknik ini, scan tegangan terkontrol diaplikasikan pada material. Tegangan tersebut dimulai dari E_{corr} dan diperbesar sampai beberapa ratus milivolt baik dalam daerah anodik ataupun katodik. Pada percobaan, laju korosi optimum didapat dengan melakukan ekstrapolasi di antara kurva daerah anodik dan katodik. Nilai arus data korosi yang sebenarnya akan diinterpretasikan. Dalam hal ini laju oksidasi harus sama dengan laju reduksi.

2.12.1. Potensiostat

Potensiostat merupakan peralatan yang digunakan pada penelitian elektrokimia

untuk mengamati fenomena yang terjadi selama proses korosi terjadi. Potensiostat akan mengaplikasikan tegangan listrik inputan kepada benda uji sehingga nilai arus selama proses korosi dapat diperoleh. Peralatan potensiostat biasanya dilengkapi dengan tiga jenis elektroda yaitu:

- Elektroda kerja (*working electrode*): elektroda ini dibentuk dari logam benda uji yang akan diteliti, terkoneksi dengan sambungan listrik, dan permukaannya harus digerinda atau diampas untuk menghilangkan oksida-oksida yang mungkin ada.
- Elektroda bantu (*auxiliary electrode*): elektroda yang khusus digunakan untuk mengalirkan arus hasil proses korosi yang terjadi dalam rangkaian sel.
- Elektroda acuan (*reference electrode*): Adalah suatu elektroda yang tegangan sirkuit terbukanya (*open-circuit potential*) konstan dan digunakan untuk mengukur potensial elektroda kerja.

Parameter elektrokimia yang diperoleh dari pengukuran polarisasi ini adalah E_{corr} , R_p , B_a , B_c . Parameter-parameter tersebut digunakan untuk menentukan rapat arus korosi melalui persamaan Stern-Gerry :

$$i_{corr} = \frac{b_a \cdot b_c}{2,303 (b_a + b_c) R_p} \quad (\text{ASTM G3 - 1989}) \quad (2 - 6)$$

Selanjutnya laju korosi ditentukan dengan persamaan:

$$V_{corr} = 3,27 \times 10^{-3} \frac{A_e}{\rho} i_{corr} \quad (\text{ASTM G3 - 1989}) \quad (2 - 7)$$

Keterangan :

V_{corr} = laju korosi dengan satuan mm/year atau mmpy

A_e = massa ekuivalen logam ($\text{g} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{ek}^{-1}$)

ρ = massa jenis logam ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)

i_{corr} = rapat arus korosi ($\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$)

Konversi : 1 mpy = 0,0245 mm/yr = 25,4 $\mu\text{m}/\text{yr}$ = 2,90 nm/yr = 0,805 pm/SG

2.13. Hipotesa

Berdasarkan tinjauan pustaka maka dapat diambil hipotesis bahwa dengan semakin besar tegangan listrik yang dialirkan dan molaritas elektrolit yang digunakan pada proses *anodizing* maka proses terjadinya pertukaran elektron semakin cepat dan ion – ion yang digunakan dalam pertukaran elektron tersebut semakin banyak, sehingga semakin meningkat pula ketebalan lapisan Ti pada Al yang mengakibatkan Al semakin terproteksi oleh Ti yang akan meningkatkan ketahanan korosinya.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Metode Penelitian

Pada penelitian ini digunakan metode eksperimental sebenarnya dimana dengan secara langsung meneliti pada objek yang bertujuan untuk mengetahui efek variasi tegangan listrik dan molaritas elektrolit terhadap laju korosi pada hasil *hard anodizing*.

3.2. Tempat dan Waktu Penelitian

Tempat pelaksanaan penelitian yaitu Laboratorium Pengujian Bahan, Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya dan Laboratorium Elektrokimia dan Korosi, Jurusan Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Penelitian dilakukan pada bulan Juni 2014 – Juli 2014.

3.3. Variabel Penelitian

Terdapat tiga variabel dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol. Adapun penjelasan lebih lanjut tentang ketiga variabel akan dijelaskan di bawah.

3.3.1. Variabel Bebas

Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi nilai variabel yang terikat, yang besarnya di tentukan oleh peneliti dan harganya divariasikan yang mana ditujukan untuk mendapatkan hubungan antara variabel bebas dan variabel terikat dari objek penelitian. Variabel bebas dari penelitian ini adalah tegangan listrik sebesar 15 Volt ,20 Volt ,25 Volt ,dan 30 Volt dan molaritas elektrolit sebesar 1M dan 2M.

3.3.2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang besarnya tergantung pada variabel bebas yang diberikan. Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah laju korosi yang terjadi setelah proses *Hard anodizing* pada Al 6061.

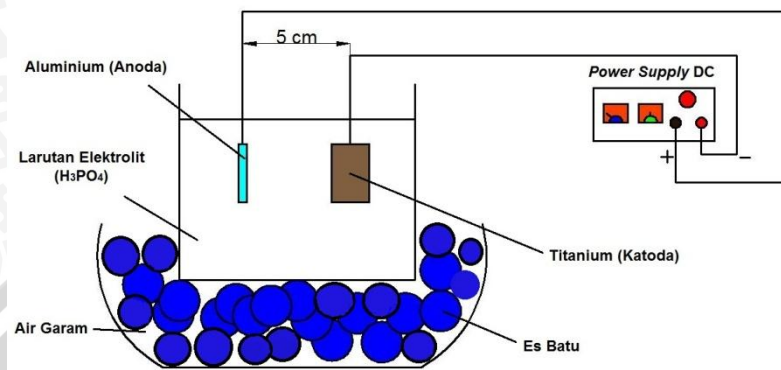
3.3.3. Variabel Terkontrol

Variabel terkontrol adalah variabel yang nilainya dijaga konstan selama penelitian. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah proses *annealing* dengan temperatur 400°C, temperatur operasi proses *Hard Anodizing* pada suhu 0 - 5 °C, jarak

dari anoda dan katoda adalah 5 cm, dan arus listrik sebesar 1A.

3.4. Skema Instalasi Pada Penelitian

Skema instalasi pada penelitian *anodizing* digambarkan pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Skema Instalasi Penelitian

Alat uji ini menggunakan sumber arus jenis DC yang didapatkan dari *power supply* dengan molaritas elektrolit 1 mol dan 2 mol, arus 1A dan beda potensial 15-30 Volt.

3.5. Alat dan Bahan Penelitian

Adapun alat alat dan bahan apa saja yang digunakan pada penelitian akan dijelaskan sebagai berikut :

3.5.1. Peralatan Penelitian

1. Termometer Air Raksa

Termometer air raksa seperti digambarkan pada gambar 3.2 digunakan untuk mengukur suhu selama proses *pre-treatment* dan *anodizing*.



Gambar 3.2 Termometer air raksa

Spesifikasi :

- Tingkat ketelitian : 1°
- Temperatur maksimal : 100°C

2. Heater

Heater digunakan untuk memanaskan larutan pada proses *pretreatment*.

3. Gelas Ukur

Gelas ukur seperti digambarkan pada gambar 3.3 digunakan untuk mengukur volume larutan.



Gambar 3.3 Gelas ukur

Spesifikasi :

- Merk Pyrex
- Kapasitas 250 ml

4. Power Supply

Power supply seperti digambarkan pada gambar 3.4 digunakan sebagai sumber listrik.



Gambar 3.4 *Power supply*

Spesifikasi :

- Arus DC 5A

- Tegangan listrik 0-30 V
- 5. Pipet
Pipet digunakan untuk mengambil larutan.
- 6. Gelas
Gelas digunakan sebagai tempat larutan pada proses *pretreatment*.
- 7. Kawat
Kawat digunakan untuk menggantung spesimen pada proses *anodizing*.
- 8. Masker
Masker digunakan untuk melindungi sistem pernafasan dari bahan kimia.
- 9. Sarung Tangan
Sarung tangan digunakan untuk melindungi tangan dari bahan kimia.
- 10. *Centrifugal Sand Paper Machine*

Alat ini digunakan untuk membersihkan permukaan material logam dari karat dan kotoran lain yang tidak diperlukan serta dapat digunakan untuk menghaluskan permukaan specimen seperti sebagaimana yang digambarkan pada gambar 3.5 dibawah.



Gambar 3.5 *Centrifugal Sand Paper Machine*

Spesifikasi:

Merk	: Saphir
Buatan	: Jerman
Diameter	: 15 cm
Putaran	: 120 rpm

- 11. Autolab PGSTAT 302N

Alat ini digunakan untuk proses polarisasi yang bertujuan untuk mendapatkan laju korosi pada spesimen seperti sebagaimana yang digambarkan

pada gambar 3.6 dibawah.



Gambar 3.6 Autolab PGSTAT 302N

3.5.2. Bahan Penelitian

Bahan –bahan yang digunakan dalam penelitian ini :

1. Aluminium alloy 6061

- Komposisi *aluminium alloy* 6061 seperti yang dijelaskan pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi aluminium 6061.

Unsur	Jumlah (%)
Magnesium	1.01
Silikon	0.88
Besi	0.22
Tembaga	0.21
Seng	0.08
Titanium	0.08
Mangan	1.01
Kromium	0.05
Aluminium	Balance

Sumber : PT. Sutindo

2. Titanium Alloy

- Komposisi *titanium alloy* seperti yang dijelaskan pada tabel 3.2

Tabel 3.2 Komposisi titanium

Unsur	Jumlah (%)
Karbon	7.67
Aluminium	0.44
Titanium	92.56

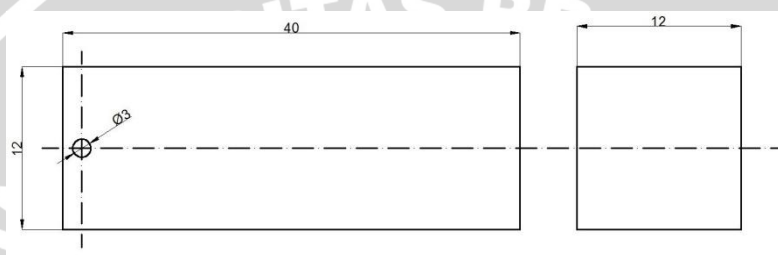
Sumber :Pengujian EDAX Laboratorium MIPA UM

3. Larutan Asam Phospate (H_3PO_4).
4. Caustic Soda (NaOH)
5. Asam Sulfat (H_2SO_4)
6. Larutan Asam Nitrat (HNO_3)
7. Es Batu
8. Kain Lap

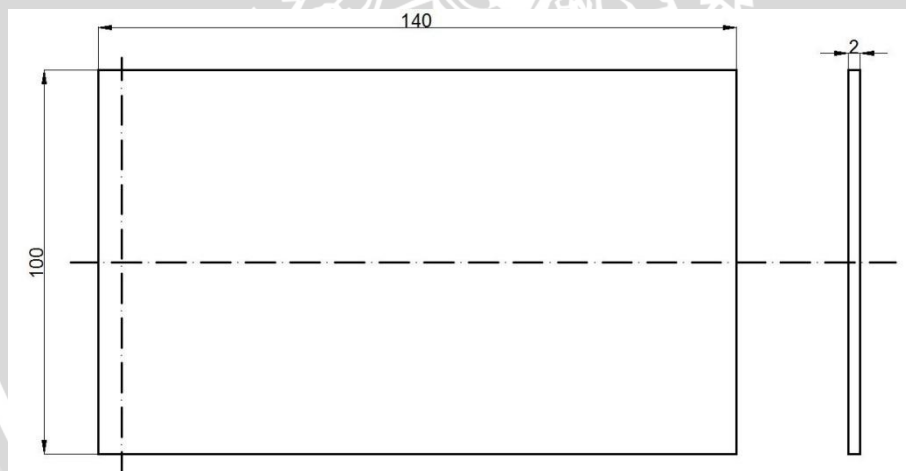
3.5.3. Bentuk dan Spesimen yang Digunakan

Bentuk dan spesimen yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut

Satuan : mm



Gambar 3.7 Bentuk dan dimensi spesimen aluminium 6061



Gambar 3.8 Bentuk dan dimensi titanium

3.6. Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang diambil dalam penelitian ini meliputi:

1. Studi literature.
2. Mempersiapkan alat dan bahan yang akan digunakan.
3. Memotong spesimen (aluminium dan titanium) sesuai dengan ukuran.
4. Haluskan permukaan aluminium yang akan di-anodizing dengan menggunakan *Sand Papper Machine*.
5. Memberi perlakuan panas *annealing* pada spesimen dengan suhu $400^{\circ}C$.

6. Proses *anodizing* ada tiga tahapan, yaitu meliputi:

- Perlakuan awal (*pre-treatment*), yaitu:

1) *Degreasing*

- Membuat larutan H_2SO_4 dengan volume 15% dan 85 % sisanya untuk volume aquades
- Larutan H_2SO_4 dipanaskan sampai temperatur 60-80°C
- Aluminium direndam selama 5 menit
- Aluminium diangkat dan dibersihkan dengan direndam dalam air murni

2) *Etching*

- Membuat larutan NaOH (*caustic soda*) dengan volume 5% dan 95 % sisanya volume aquades
- Larutan NaOH dipanaskan sampai temperatur 30-50°C
- Aluminium hasil *degreasing* direndam selama 5 menit
- Aluminium diangkat dan dibersihkan dengan direndam dalam air murni.

3) *Desmutting*

- Membuat larutan HNO_3 (asam nitrat) dengan volume 10% dan 90 % sisanya volume aquades
- Larutan HNO_3 dipanaskan sampai temperatur 25-40°C
- Aluminium hasil *etching* direndam 5 menit
- Aluminium diangkat dan dibersihkan dalam air murni

- Proses *anodizing*,

Aluminium hasil *pre-treatment* dihubungkan pada anoda (kutub positif) pada *power supply* kemudian direndam dalam bak plastik (bak elektrolisis) dengan dimensi 40x20x15 cm yang berisi larutan H_3PO_4 (asam fosfat) dengan konsentrasi 1mol dan 2mol sebanyak 1000 ml pada temperatur 0-5°C, dan pada sisi katoda (kutub negatif) pada *power supply* dihubungkan ke lempengan titanium dengan dimensi 14x10 cm dengan tebal 2 mm, setelah itu pengaturan tegangan listrik yang telah direncanakan pada *power supply*. Kemudian *power supply* dinyalakan dan waktu proses divariasikan pada 15 Volt, 20 Volt, 25 Volt, dan 30 Volt.

- Perlakuan akhir

Aluminium hasil proses *anodizing* dibersihkan atau direndam dengan air murni dan dikeringkan dengan kain lap kering.

7. Pengujian untuk mengetahui laju korosi pada spesimen hasil *anodizing* Aluminium

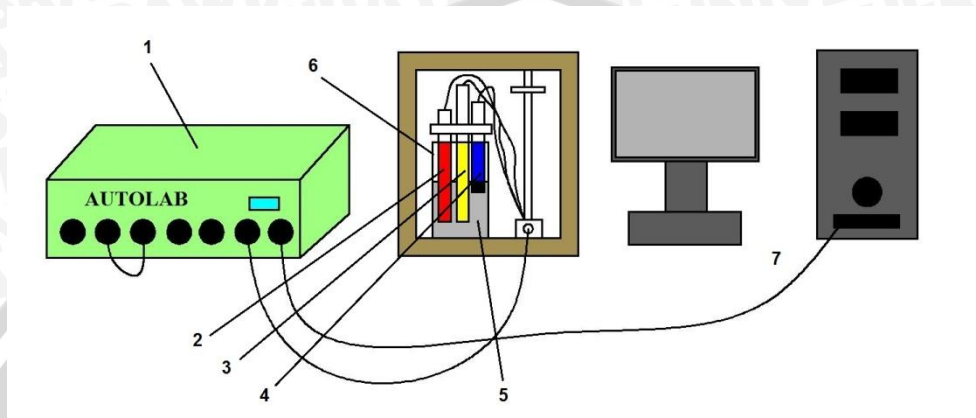
6061 dengan menggunakan metode polarisasi.

8. Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

9. Menganalisa hasil data dari pengujian.

3.7. Pengukuran Laju Korosi Metode Polarisasi

Gambar di bawah merupakan instalasi penelitian pengujian polarisasi.



Gambar 3.9 Instalasi penelitian pengujian polarisasi

Keterangan:

1. Alat potensiostat
2. Elektroda acuan (Ag/AgCl)
3. Elektroda bantu (Pt)
4. Elektroda kerja (spesimen)
5. Elektrolit (NaCl)
6. Gelas beker
7. Perangkat komputer

3.7.1. Prosedur Pengujian Polarisasi

1. Menyiapkan spesimen uji.
2. Pasangkan spesimen dengan cara menjepit spesimen pada elektroda kerja.
3. Menurunkan elektroda kerja sampai spesimen tercelup dalam larutan natrium klorida.
4. Setelah didapatkan hasil kurva polarisasi linier, mengeluarkan spesimen dari elektroda penjepit.

3.8. Prosedur Uji *Scanning Electron Microscope* (SEM)

Sebelum pengujian SEM maka perlu dilakukan sreparasi sampel yaitu sebagai berikut:

1. Preparasi Sampel

Sebelum sampel dilakukan pengujian SEM, sampel harus dilakukan preparasi terlebih dahulu. Tahapan pengujian struktur mikro didasarkan pada standar persiapan dan pengamatan metalografi. Tahapan persiapan tersebut adalah sebagai berikut:

a. *Cutting*

Memotong sampel dari specimen hasil *anodizing*.

c. *Grinding* (Pengamplasan)

Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas. Proses pengamplasan ini bertujuan untuk mendapatkan kehalusan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan kasar pada permukaan sampel.

d. *Polishing* (pemolesan)

Sampel yang permukannya telah halus dan rata kemudian akan dipoles menggunakan zat poles alumina. Proses ini dilakukan setelah pengamplasan dengan tujuan untuk menghilangkan goresan-goresan akibat pengamplasan, sehingga didapatkan permukaan yang lebih halus dan mengkilap.

e. *Etching* (Etsa)

Untuk mengamati mikrostruktur perlu dilakukan proses etsa, yaitu proses korosi terkontrol yang bertujuan untuk mengikis batas butir, sehingga nantinya struktur mikro akan terlihat lebih jelas. Untuk pengamatan struktur aluminium zat etsa yang diberikan adalah HF 0.5% pada bagian permukaan sampel (± 30 detik). Setelah dilakukan etsa kemudian sampel akan dibersihkan dengan air dan alcohol 70% dan dikeringkan. Setelah melalui tahapan proses ini, sampel siap dilakukan pengujian pengamatan struktur mikro menggunakan SEM.

2. Pengamatan Struktur Mikro menggunakan SEM

Setelah dilakukan preparasi sampel, selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*).

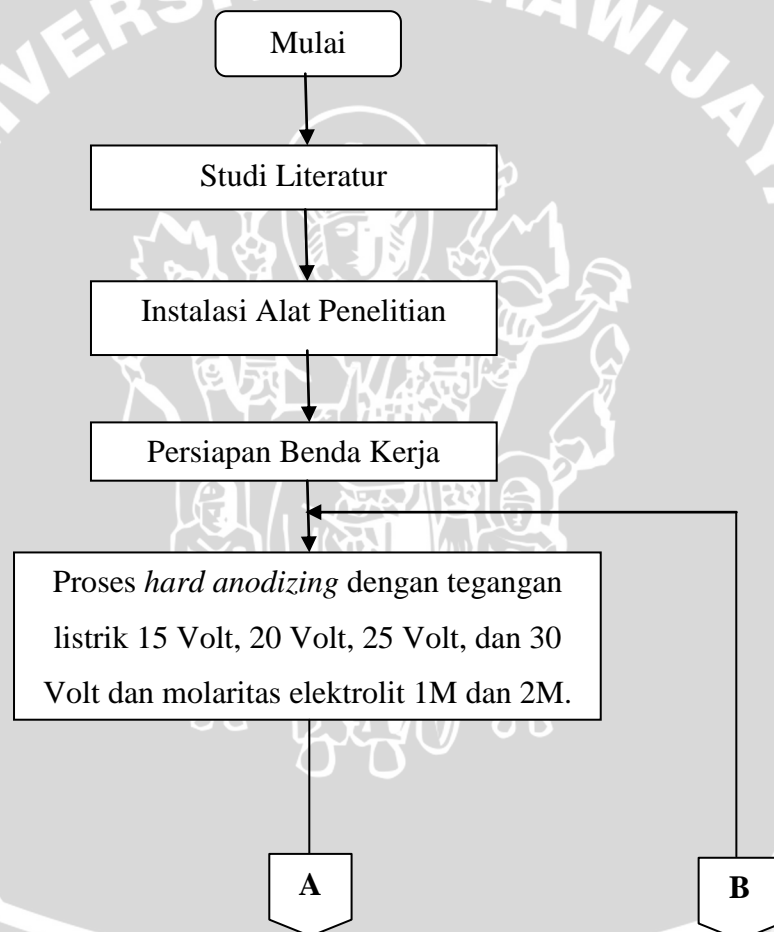
Pertama-tama, permukaan sampel dilakukan *coating* menggunakan unsur Au kira-kira sekitar satu jam agar tidak terjadi *charging* berlebih ketika ditembakkan dengan elektron dan untuk meningkatkan kontras warna pada gambar. Kemudian sampel dimasukkan kedalam alat pengujian SEM dan divakum selama kira-kira 10 menit. Selanjutnya sampel dapat ditembakkan elektron dengan *probe level* tertentu. Pantulan elektron setelah menumbuk sampel dapat ditangkap oleh detektor *secondary electron*

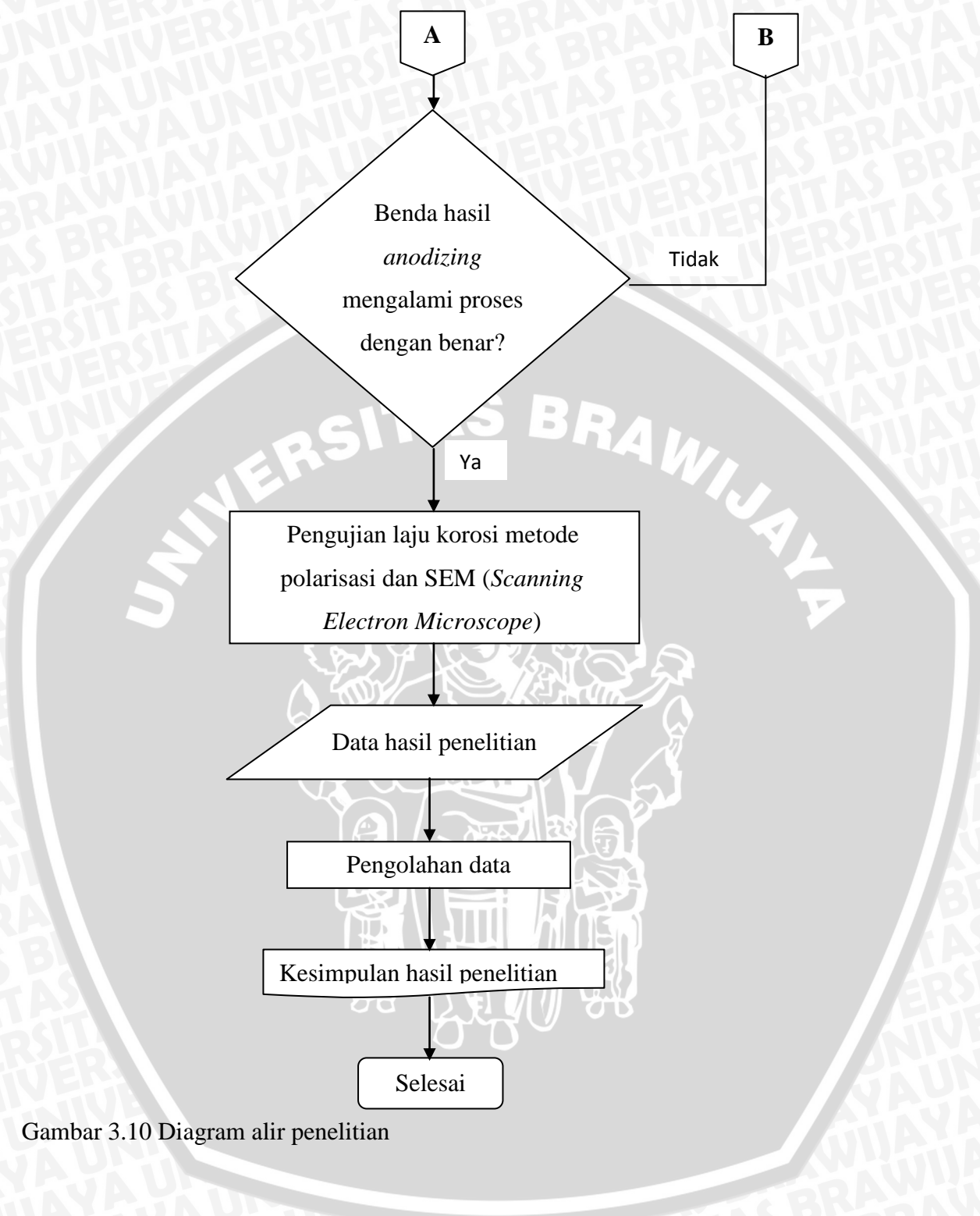
(SE1) atau *backscattered electron* (QBSD). Detektor SE1 digunakan untuk

mengamati topografi permukaan sampel yang diuji, sedangkan detektor QBSD digunakan untuk mengamati terbentuknya fasafasa yang terdapat pada sampel yang diuji. Pengamatan fasa didasarkan pada perbedaan terang dan gelap fasa tersebut. Bila suatu fasa memiliki berat atom yang ringan, maka fasa yang terlihat pada monitor adalah berwarna terang, sedangkan fasa yang memiliki berat atom yang berat akan ditunjukkan dengan warna yang gelap pada monitor.

Pada pengujian kali ini SEM ditujukan untuk mengukur ketebalan pelapisan spesimen hasil *Hard Anodizing* Al dengan Ti.

3.9. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.10 Diagram alir penelitian